Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 13, No. 2, December 2022, p. 191-206
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v13i2.2205-1034

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۳ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۱
صفحهٔ ۲۰۶-۱۹۱، نوع مقاله: پژوهشی

اثر تنظیم‌کننده‌های رشد شبه‌هورمونی بر رشد و عملکرد دو رقم جدید نخود کابلی در شرایط دیم

سهراب صحرایی[1] و علی سپهری[2]*

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، رشته زراعت، گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان؛ sohrabsahraei645@gmail.com

۲- دانشیار زراعت، گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان؛ a_sepehri@basu.ac.ir و sepehri2748@gmail.com

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۳، **بازنگری:** ۱۴۰۱/۰۷/۱۷، **پذیرش:** ۱۴۰۱/۰۸/۲۲؛ **انتشار آنلاین مقاله:** ۱۴۰۱/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
صحرایی، س.، و سپهری، ع. ۱۴۰۱. اثر تنظیم‌کننده‌های رشد شبه‌هورمونی بر رشد و عملکرد دو رقم جدید نخود کابلی در شرایط دیم. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۳(۲): ۲۰۶-۱۹۱.

چکیده

تنش خشکی انتهای فصل یکی از عوامل مهم کاهش‌دهنده عملکرد دانه نخود در کشت دیم مناطق سردسیری و معتدله است. در این مطالعه به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک و کلرید کلسیم بر تحمل به تنش خشکی انتهای فصل ارقام جدید اصلاح‌شده نخود، در مرکز تحقیقات کشاورزی دیم سرارود کرمانشاه طی سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. ارقام نخود منصور و عادل و محلول‌پاشی‌ها شامل کاربرد انفرادی اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک، کلرید کلسیم و ترکیب دوتایی آنها به همراه محلول‌پاشی با آب (شاهد) بودند. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار، اسید آسکوربیک با غلظت ۱۰ میلی‌مولار و کلرید کلسیم با غلظت ۵ میلی‌مولار انجام شد. محلول‌پاشی‌ها در دو مرحله ۵۰درصد گل‌دهی و ۵۰ درصد غلاف‌دهی بوته‌ها انجام گردید. شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، کل ماده خشک و صفات مرتبط با اجزای عملکرد دانه و عملکرد کمی و کیفی شامل ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن۱۰۰دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و درصدپروتئین دانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش نشان داد اثر محلول‌پاشی بر صفات تعداد ساقه فرعی، تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار بود. اثر ترکیبات مورد استفاده به صورت انفرادی کمتر از کاربرد ترکیبی آنها بود، از لحاظ عملکرد دانه به طور متوسط رقم منصور با ۶۱/۸۷ گرم در متر مربع بر رقم عادل با ۵۱/۱۶ گرم در متر مربع برتری داشت. در بین محلول‌پاشی‌ها بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه، محلول اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم با ۶۷/۹۹ و کمترین تأثیر را تیمار شاهد (آب پاشی به تنهایی) با ۴۵/۸۰ گرم در مترمربع داشت. به طور کلی ببیشترین عملکرد دانه به رقم منصور با محلول اسید سالیسیلیک+ کلرید کلسیم با ۷۱/۵۵ گرم درمترمربع حاصل شد. همچنین بیشترین درصد پروتئین دانه در رقم منصور با ۲۳/۱۲ درصد و کمترین درصدپروتئین دانه در رقم عادل با ۲۰/۰۵ درصد مشاهده شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در رقم منصور استفاده از اسید سالیسیلیک به همراه کلرید کلسیم و یا اسید آسکوربیک و در رقم عادل کاربرد اسید سالیسیلیک به همراه کلرید کلسیم در غلظت‌های مذکور جهت کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی انتهای فصل بر عملکرد ارقام نخود در شرایط دیم منطقه کرمانشاه مناسب است هرچند که این موضوع نیاز به مطالعات تکمیلی دارد.

واژه‌های کلیدی: اسید آسکوربیک؛ اسید سالیسیلیک؛ تنش‌خشکی؛ کلرید کلسیم

* **نویسنده مسئول:** sepehri2748@gmail.com و a_sepehri@basu.ac.ir

مقدمه

گیاه نخود به عنوان یکی از حبوبات مهم سردسیری به علت داشتن ویژگی‌های خاص مانند توانایی تثبیت نیتروژن، ریشه‌دهی عمیق و استفاده مؤثر از نزولات جوی، نقش مهمی در ثبات تولید نظام‌های زراعی درکشاورزی پایدار ایفا می‌نماید (Amiri *et al*., 2011). در ایران کشت نخود به صورت پاییزه، انتظاری و در مناطق سردسیر عمدتاً به صورت بهاره و دیم با استفاده از رطوبت ذخیره‌شده در خاک و بارندگی‌های بهاره انجام می‌شود. یکی از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد نخود دیم، کمبود آب یا تنش خشکی آخر فصل است که باعث کاهش شدید رشد و عملکرد دانه می‌شود (Sepehri *et al*., 2018).

بر اساس مطالعات انجام‌شده، تنش خشکی به تنهایی عملکرد نخود را تا ۴۵ درصد کاهش می‌دهد (Sabaghpour *et al*., 2006). گزارش شده کاهش میزان آب تا ۵۰ درصد ظرفیت زراعی خاک موجب کاهش فتوسنتز در مراحل گل‌دهی و پرشدن دانه گیاه نخود می گردد (Allen, 1995) . طی تنش خشکی پتانسیل آب برگ و فشار تورژسانس که لازمه رشد سلول و بافت‌های گیاه است، کاهش یافته و سبب ممانعت از فتوسنتز، اختلال در متابولیسم، انتقال مواد و در نهایت منجر به کاهش رشد و عملکرد می شود (Jaleel *et al*., 2007). تأثیر خشکی بر رشد، به شدت و مدت زمان تنش، گونه گیاهی و مرحله رشد گیاه بستگی دارد، لذا افزایش تحمل به تنش خشکی در اواخر دوره رشد گیاه نخود از اهمیت خاصی برخوردار است.

در این راستا به نظر می‌رسد استفاده از برخی ترکیبات بیوشیمیایی شبه‌هورمونی مانند اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک و کلرید کلسیم می‌تواند تحمل به تنش خشکی انتهای فصل را در نخود دیم افزایش داده و از میزان خسارت وارده بکاهد (Sepehri *et al*., 2018; Patel *et al*., 2012). بررسی‌ها نشان داده است که اسید سالیسیلیک نقش حفاظتی مهمی در ایجاد مقاومت به تنش‌های محیطی در گیاهان ایفا می‌کند (Raskin, 1992). اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی، از کاهش هورمون‌های اکسین و سیتوکینین جلوگیری و تقسیمات سلولی را افزایش و با حفظ کلروفیل و شاخص‌های فتوسنتزی، رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (Sakhabutdinova *et al*., 2003). معلوم شده است که اسید سالیسیلیک موجب بهبود انتقال مواد فتوسنتزی به سمت مقصدهای فیزیولوژیک (دانه) می‌شود (Faridaddin *et al*., 2003) . کاربرد اسیدسالیسیلک سبب افزایش پرولین، قندهای محلول و همچنین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی مانند سوپر اکسید دیسموتاز، پراکسیداز شده و سبب افزایش تحمل به تنش خشکی در گیاه نخود گردیده است (Patel *et al*., 2012).

اسید آسکوربیک نیز به عنوان یک ترکیب مهم در تقسیم و بزرگ‌شدن سلول‌ها، گسترش و توسعه دیواره سلولی، شرکت در کوفاکتور آنزیم‌های کلیدی، کوفاکتور برای بیوسنتز فیتوهورمون‌ها مانند اتیلن، جیبرلین‌ها، اسید آبسیسیک و به عنوان آنتی‌اکسیدانت نقش ایفا می‌کند (Smirnoff, 2011). اسید آسکوربیک با خنثی‌کردن رادیکال‌های آزاد سوپراکسید و اکسیژن حاصل از تنش، سبب کاهش خسارت به اسیدهای چرب و پروتئین‌ها و حفاظت و یکپارچگی غشاء کلروپلاستی شده، عملکرد طبیعی دستگاه فتوسنتزی را افزایش و سبب تجمع کربوهیدرات‌های محلول می‌شود(Shao *et al*., 2008). اسید آسکوربیک از طریق افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش تقسیم سلولی، موجب تحریک رشد و افزایش ارتفاع شده و با اثر بر تقسیم میتوز و رشد سلول‌های گیاهی، باعث افزایش وزن دانه می‌گردد (Abdul Qados *et al*.,2014). گزارش شده محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و اسید آبسیسیک در برخی ارقام نخود سبب افزایش عملکرد طی تنش کمبود آب شده است (Farjam *et al*., 2016). همچنین نتایج آزمایش روی نخود نشان داده با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسیدآسکوربیک رشد و نمو گیاه به دلیل ویژگی‌های حفاظتی ترکیبات مذکور تقویت شده، در نتیجه اثرات مضر تنش خشکی کاهش و عملکرد دانه ارتقاء یافته است (Rokhzadi, 2014).

کلریدکلسیم نیز در تعداد زیادی از فرایندهای بیوشیمیایی به خصوص فسفریلاسیون پروتئین مشارکت داشته و نقش اساسی در عملکرد سلول، هدایت سیگنالی، تأخیر در پیری، کاهش ریزش‌گل و کنترل اختلالات فیزیولوژیکی در گوجه فرنگی دارد (Rab & Haq, 2012). گزارش شده کلسیم در تنظیم نفوذپذیری انتخابی غشاء سلول‌ها نقش داشته، وقتی گیاه در شرایط کمبود کلسیم رشد کند، غشاءهای سلولی تراوا شده و کارآیی خود را در ممانعت از انتشار آزاد یون‌ها از دست می‌دهند. از سوی دیگر یون کلسیم در مسیر سیمپلاستی با کمک آکواپورین‌ها در سلول‌های مزوفیل برگ در حفظ و ارتقاء تورژسانس سلول‌های برگ نقش ویژه‌ای ایفا کرده و در نهایت عملکرد گیاه را بهبود می‌بخشد (Gilliham *et al*., 2011). همچنین کلرید کلسیم نقشی مهمی در سازگاری سلول‌ها به تنش‌های غیرزیستی داشته و از طریق اثر بر جذب آب، رشد ریشه و حفظ فشار تورژسانس در سلول‌های گیاه سبب افزایش فعالیت آنتی اکسیدان‌ها و فتوسنتز می‌شود (Rab & Haq, 2012).

این تحقیق با هدف بررسی اثرات انفرادی و ترکیبی سه ماده شبه‌هورمونی اسید سالیسیلیک، اسید اسکوربیک و کلرید کلسیم بر رشد، اجزای عملکرد و عملکرد کمی و کیفی دانه دو رقم جدید نخود کابلی در شرایط بدون آبیاری (دیم) صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش درسال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم سرارود، واقع در شرق شهرستان کرمانشاه با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱۹ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه و با ارتفاع ۱۳۵۱ متر از سطح دریا، با وضعیت آب و هوای سرد معتدل و متوسط بارندگی سالیانه ۴۵۴ میلی‌متر اجراء گردید. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Results of soil physical and chemical properties of experimental location

ازت‌کل (درصد) Total Nitrogen (%)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) Potassium (mg kg^{-1})	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) Phosphorus (mg kg^{-1})	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	شن (درصد) Sand (%)	رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dSm^{-1})	بافت Texture	عمق (سانتی متر) Depth (cm)
0.09	368	10.3	0.93	5.2	23.4	71.4	7.51	1.21	سیلتی لومی Silty-loam	0-30

ارقام مورد کشت، ارقام جدید و اصلاح‌شده نخود کابلی، به نام‌های منصور و عادل بودند که از مرکز تحقیقات دیم سرارود کرمانشاه تهیه شد. این ارقام پابلند بوده و مناسب برای برداشت مکانیزه محسوب می‌شوند. زمین محل اجرای طرح، دو سال قبل از انجام آزمایش، زیرکشت غلات بوده و سال قبل از آن نیز آیش بود. قبل ازکاشت در اسفند ماه معادل ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم و ۵۰ کیلوگرم کود اوره در هر هکتار به زمین اضافه و توسط دیسک به زیر خاک برده شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. خطوط کشت به فواصل ۳۰ سانتی متر توسط خطی کار غلات جاندیر در زمین مزرعه ایجاد گردید. برای کاشت ابتدا بذور به نسبت دو در هزار با قارچ‌کش مانکوزب ضدعفونی شده و در تاریخ ۲۰ اسفند ماه با مساعدشدن هوا کشت انجام گردید. عمق کاشت پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هرکرت دارای ۷ خط کشت به طول ۵ متر و با تراکم کاشت ۳۳ بوته در مترمربع بود. تیمارهای محلول‌پاشی شامل اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک، کلرید کلسیم، اسید سالیسیلیک + اسید آسکوربیک، اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم و اسید آسکوربیک + کلرید کلسیم و محلول‌پاشی با آب (شاهد) بودند. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت۱/۵ میلی‌مولار، اسید آسکوربیک با غلظت ۱۰ میلی مولار وکلرید کلسیم با غلظت ۵ میلی مولار انجام شد. از سورفکتانت غیریونی -2,4,4)-4]-2) trimethylpentan-2-yl)phenoxy]ethanol) Triton X-100 با غلظت ۰/۰۱درصد به منظور کاهش کشش سطحی استفاده شد. محلول‌پاشی در دو مرحله آغاز گل‌دهی و غلاف‌دهی بوته‌ها در اوایل صبح انجام شد. مبارزه با علف‌های‌هرز در دو مرحله و به‌صورت وجین دستی صورت گرفت. به منظور محاسبه کارآیی مصرف آب علاوه بر تعیین میزان نزولات آسمانی در طول فصل رشد، درصد رطوبت وزنی خاک مزرعه نیز قبل از کاشت تعیین شد. در طول دوره رشد نمونه‌برداری تخریبی از ۵ گیاه (معادل ۰/۱۵ مترمربع) در هر کرت به فاصله زمانی حدود ۱۴ روز یک‌بار انجام و سطح برگ، وزن خشک برگ و وزن خشک کل گیاه در هر مرحله، اندازه‌گیری و محاسبه شاخص‌های رشد شامل شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، تجمع کل ماده خشک انجام شد. اندازه‌گیری سطح برگ به روش دستی توسط کاغذ شطرنجی انجام شد. در نهایت ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی و صفات مرتبط با عملکرد شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰دانه، با بررسی ۳۰ بوته از هر کرت انجام و برداشت نهایی برای محاسبه عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه با

رعایت حاشیه در مساحتی معادل ۳ مترمربع صورت گرفت. سپس شاخص برداشت و کارآیی مصرف آب محاسبه شد. خصوصیات کیفی دانه از جمله درصد نیتروژن و پروتئین به روش هضم تر با استفاده از دستگاه کجلدال Hanon (ساخت چین) که شامل هضم، تقطیر و تیتراسیون بود، اندازه‌گیری و عملکرد پروتئین در واحد سطح محاسبه‌گردید. مجموع بارندگی در طول دوره رشد گیاه ۲۴۸/۷میلی‌متر بود که در محاسبه کارآیی مصرف آب علاوه بر آن رطوبت موجود در خاک هنگام کاشت نیز معادل ۳۵میلی‌متر منظور شد.

تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده، با استفاده از نرم افزار آماری SAS، نسخه ۹/۴ پس از اطمینان از نرمال‌بودن باقیمانده داده‌ها، انجام و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت‌گرفت.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ (LAI)

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول شماره ۲)، اثر رقم بر حداکثر شاخص‌سطح برگ از نظر آماری معنی‌دار نبود و بین رقم منصور با حداکثر شاخص سطح برگ۱/۲۰ و عادل با شاخص ۱/۱۶، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). ولی اثر محلول‌پاشی در سطح یک درصد بر حداکثر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود، به نحوی‌که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم با حداکثر شاخص سطح برگ ۱/۴۰ و همچنین اسید سالیسیلیک + اسیدآسکوربیک با شاخص ۱/۳۱ بیشترین تأثیر و شاهد (آب‌پاشی) با شاخص۰/۹۹ کمترین تأثیر را داشت (جدول ۴). درصد افزایش شاخص سطح برگ در محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + اسیدآسکوربیک و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک + کلرید کلسیم نسبت به شاهد (آب‌پاشی) به ترتیب معادل ۴۱، ۳۲ و ۲۱ درصد بود. اسیدسالسیلیک باعث گسترش سیستم ریشه‌ای و جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده و در نهایت منجر به تولید بیشتر تعداد برگ و سطح آن می‌گردد. اثر مثبت اسید سالسیلیک بر سطح برگ نیز سبب افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو و بهبود فتوسنتز ناشی از آن می‌شود (Shakirova *et al*.,2013). همچنین اسید آسکوربیک به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی خود، از تخریب کلروفیل جلوگیری و به طور غیرمستقیم سبب حفظ و افزایش سطح برگ می‌شود. از این رو، غلظت مناسب اسید آسکوربیک درکلروپلاست نقش مهمی در فتوسنتز سلول‌های گیاهی ایفا کرده و از طریق بیوشیمیایی می‌تواند باعث بهبود فرآیند فتوسنتز در گیاه شود (Smirnoff, 2011). بدیهی است افزایش مواد پرورده فتوسنتزی نتیجه افزایش شاخص سطح برگ و افزایش دوام سطح برگ می‌باشد. گزارش شده است که اسید آسکوربیک با خنثی‌کردن رادیکال‌های آزاد سوپراکسید و اکسیژن حاصل از تنش، سبب حفاظت و یکپارچگی غشاء کلروپلاستی شده، عملکرد طبیعی دستگاه فتوسنتزی را افزایش می‌دهد (Shao *et al*., 2008). در این آزمایش، محلول‌پاشی توأم اسید آسکوربیک و کلرید کلسیم سبب افزایش بیشتر حداکثر شاخص سطح برگ نسبت به شاهد شد. مشخص شده یون کلسیم در سلول‌های مزوفیل برگ، در حفظ و ارتقاء تورژسانس سلول‌های برگ نقش ویژه‌ای ایفا نموده و باعث افزایش شاخص پایداری غشاء و محتوای نسبی آب برگ می‌گردد (Gilliham *et al*., 2011).

سرعت رشدمحصول (CGR)

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد سرعت رشد محصول درکلیه تیمارها در اوایل فصل رشد افزایشی و حدود ۵۰ تا ۶۰روز پس از کاشت به حداکثر خود رسید. براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول۲)، اثر رقم در سطح احتمال پنج درصد بر حداکثر سرعت رشد محصول معنی‌دار بود، به‌گونه‌ای که حداکثر سرعت رشد محصول در رقم منصور با میانگین ۶/۶۱گرم در مترمربع در روز بیشتر از رقم عادل با میانگین ۶/۲۸ گرم درمترمربع در روز بود (جدول ۳). اثر محلول‌پاشی نیز در سطح احتمال یک درصد بر حداکثر سرعت رشد محصول تأثیرگذار بود، در بین محلول‌پاشی‌ها بیشترین تأثیر را محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + اسید آسکوربیک با سرعت رشد محصول ۷ گرم برمترمربع در روز و سپس اسید سالیسیلیک + اسید آسکوربیک و مصرف اسید سالیسیلیک به تنهایی و کمترین تأثیر را تیمار شاهد (آب پاشی) با سرعت رشد محصول ۵/۶۰ گرم در متر مربع در روز داشت. اثر متقابل رقم × محلول‌پاشی هم در سطح احتمال پنج درصد بر حداکثر سرعت رشد محصول معنی‌دار بود، به نحوی که بیشترین سرعت رشد محصول را رقم منصور با محلول اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم با ۷/۵۲ گرم درمترمربع در روز و سپس اسید سالیسیلیک + اسیدآسکوربیک با ۷/۴۳ گرم درمترمربع در روز و کمترین سرعت رشد محصول را رقم منصور با شاهد (آب پاشی) با ۵/۵۶ گرم درمترمربع در روز داشت (جدول ۴). درصد افزایش حداکثر سرعت رشد محصول در محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + اسیدآسکوربیک و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک + کلرید کلسیم نسبت به شاهد (آب‌پاشی) در رقم منصور به ترتیب معادل ۳۵، ۳۳ و ۱۲ درصد و در رقم عادل به

ترتیب معادل ۱۰، ۱۶ و ۱۴ درصد بود. اسید سالیسیلیک تقسیم سلولی و طویل‌شدن سلول را همراه با هورمون‌هایی مانند اکسین تنظیم می‌کند که منجر به افزایش فتوسنتز، سرعت رشد گیاه و تجمع ماده خشک در شرایط تنش خشکی می‌گردد (Sartip & Sirousmehr, 2017). همچنین اسید سالیسیلیک موجب کاهش تنش اکسیداتیو و بهبود شاخص پایداری غشاء و افزایش قدرت گیاه در حفظ آب و افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و در نتیجه بهبود پارامترهای رشد و افزایش سرعت تولید محصول می‌شود (Hayat *et al*., 2012). به نظر می‌رسد اسید آسکوربیک نیز به واسطه خاصیت آنتی‌اکسیدانتی خود با بهبود وضعیت فتوسنتز و کاهش ترکیبات اکسیدکننده می‌تواند در افزایش توسعه سلولی، کاهش تنفس و در نهایت در افزایش سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت رشد محصول مؤثر باشد (Mohtashami & Tadayon, 2020). از سوی دیگر کاربرد کلرید کلسیم تحت تنش آبی موجب افزایش پتانسیل آب گیاه، فتوسنتز و در نهایت افزایش سرعت رشد محصول می‌شود (Balwinder *et al*., 2013). ثابت شده است که کلریدکلسیم نقشی مهم در سازگاری سلول‌ها به تنش‌های غیرزیستی داشته و از طریق اثر بر جذب آب، رشد ریشه و حفظ فشار تورژسانس در سلول‌های گیاه سبب افزایش فعالیت فتوسنتز می‌شود. از آنجا که سرعت رشد سلول و به تبع آن سرعت رشد گیاه به فشار تورژسانس سلول و اتساع دیواره سلولی وابسته است، لذا سرعت رشد سلول با افزایش آب قابل دسترس افزایش می‌یابد. در واقع فشار تورژسانس قبل از شروع رشد سلول همان فشاری است که در بالاتر از آن سرعت رشد می‌تواند افزایش یابد.

تجمع ماده خشک (TDM)

اثر رقم و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر حداکثر تجمع ماده خشک معنی‌دار بود (جدول۲). حداکثر ماده خشک در رقم منصور با مقدار ۲۷۹/۰۸ گرم در مترمربع بیشتر از رقم عادل با مقدار ۲۶۱/۵۸ گرم در مترمربع بود. در بین تیمارهای محلول‌پاشی بیشترین تأثیر را محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم با ۳۱۳/۵۲ گرم در مترمربع داشت (جدول ۳). اثر متقابل رقم × محلول‌پاشی نیز در سطح یک درصد بر حداکثر تجمع ماده خشک معنی‌دار بود، به نحوی که بیشترین مقدار تجمع ماده خشک را رقم منصور با محلول اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم با مقدار ۳۲۲/۲۹ گرم در مترمربع و کمترین مقدار حداکثر تجمع ماده خشک را رقم عادل با محلول‌پاشی با آب (شاهد) برابر ۲۲۲/۲۸ گرم در متر مربع داشت (جدول ۴). درصد افزایش حداکثر تجمع ماده خشک در محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + سیدآسکوربیک و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک + کلرید کلسیم نسبت به شاهد (آب‌پاشی) در رقم منصور به ترتیب معادل ۳۶، ۳۳ و ۱۴ درصد و در رقم عادل به ترتیب معادل ۲۴، ۱۷ و ۲۲ درصد بود. افزایش تجمع ماده خشک با کاربرد اسید سالیسیلیک، می‌تواند به دلیل رشد سریع‌تر برگ‌ها و جذب بیشتر تشعشع و افزایش آسیمیلات سازی باشد (Driss & Marashi, 2018). گزارش شده است که اسید سالیسیلیک، دسترسی به دی اکسیدکربن و سرعت فتوسنتز درگیاه را افزایش می‌دهد، بنابراین تجمع ماده خشک افزایش می‌یابد (Faridaddin *et al*., 2003). کلرید کلسیم نیز در گیاه نخود، با فراهمی بیشتر رطوبت نسبی برگ در مرحله زایشی و افزایش مواد فتوسنتزی سبب توسعه و تقسیم سلولی شده و این امر تجمع ماده خشک را به‌دنبال دارد (Sepehri *et al*., 2018). کلسیم اثرات نامطلوب تنش‌خشکی را کاهش داده و موجب ارتقاء پرولین، فتوسنتز، زیست‌توده و کارآیی مصرف آب می‌شود (Chengbin *et al*., 2013). همچنین گزارش شده کاربرد کلریدکلسیم طی تنش خشکی، رسیدگی فیزیولوژیکی را به تأخیر انداخته و با افزایش محتوای رطوبت نسبی گیاه سبب تأخیر در پیری گیاه، افزایش دوام سطح برگ و افزایش تجمع ماده خشک می‌شود (Ma *et al*., 2005). قابل ذکر است افزایش وزن ماده خشک گیاه نخود تحت تنش خشکی با محلول‌پاشی اسید آسکوربیک نیز قبلاً گزارش گردیده است (Farjam *et al*., 2016).

ارتفاع بوته

تجزیه داده‌ها نشان داد که اثر رقم روی ارتفاع بوته درسطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲)، ولی اثر اصلی محلول‌پاشی و اثر متقابل رقم × محلول‌پاشی بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود. ارتفاع بوته در رقم منصور با میانگین ۳۰/۴۶سانتی‌متر بیشتر از ارتفاع بوته در رقم عادل با میانگین ۲۶/۳۸ سانتی‌متر بود (جدول ۳). در خصوص عدم تأثیر محلول‌پاشی‌ها بر ارتفاع گیاه چنین استنباط می‌شود که با توجه به زمان محلول‌پاشی، محلول‌پاشی‌ها در محدوده فاز زایشی بر صفات مورفولوژیک از جمله ارتفاع گیاه کمتر تأثیر داشته باشد.

تعداد ساقه فرعی

اثر رقم و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر تعداد ساقه فرعی معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل رقم در محلول پاشی تأثیر معنی‌داری بر صفت تعداد ساقه فرعی نداشت (جدول ۲). مصرف ترکیبی محلول‌ها بر تعداد ساقه فرعی تأثیر

بیشتری نسبت به مصرف انفرادی آنها داشت. بیشترین اثر را محلول‌پاشی توام اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم با تعداد ساقه فرعی ۶/۶۶ عدد و کمترین اثر را شاهد (محلول‌پاشی با آب) با تعداد ساقه فرعی ۴/۸۳ عدد داشت (جدول ۳).

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم و محلول‌پاشی بر صفات حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر رشد محصول، حداکثر ماده خشک، ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف

Table 2. Results of analysis of variance (mean of square) of variety and spraying effects on LAI_{max}, CGR_{max}, TDW_{max}, plant height, number of sub stem, number of pod per plant, number of grain per pod traits

منبع تغییر Source of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of square						
		حداکثر شاخص سطح برگ LAI_{max}	حداکثر رشد محصول CGR_{max}	حداکثر ماده خشک TDW_{max}	ارتفاع بوته Plant height	تعداد ساقه فرعی Number of lateral stem	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod
تکرار(R)	2	0.737**	7.085**	5130.28**	50.34**	9.59**	30.30*	0.004^{ns}
رقم (V)	1	0.0213^{ns}	1.101*	3216.30**	175.27**	5.35**	6.09**	0.1226**
محلول‌پاشی(S)	6	0.118**	1.468**	5103.31**	0.9385^{ns}	2.61**	0.26^{ns}	0.031**
رقم * محلول‌پاشی (V*S)	6	0.022^{ns}	0.545*	1070.56**	1.92^{ns}	0.1349^{ns}	0.48^{ns}	0.0076^{ns}
خطا (e)	26	0.0215	0.198	284.74	8.05	0.4157	0.719	0.0055
ضریب تغییرات (CV)	-	12.44	6.89	6.24	9.98	11.05	15.76	8.11

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد

ns,* and **: Non significant, significant at 5% and 1% , respectively

R: Repeat; V: Variety; S: Spraying; V*S: Variety* Spraying; e: error; CV: Coefficient of variations

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده صفات حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر رشد محصول، حداکثر ماده خشک، ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف

Table 3. Mean compared of simple effects of LAI_{max}, CGR_{max}, TDW_{max}, plant height, number of sub stem, number of pod per plant, number of grain per pod traits

تیمار Treatment	حداکثر شاخص سطح برگ LAI_{max}	حداکثر رشد محصول (گرم در متر مربع در روز) CGR_{max} ($g\ m^{-2}\ d^{-1}$)	حداکثرماده خشک (گرم در متر مربع) TDW_{max} ($g\ m^{-2}$)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد ساقه فرعی Numbers of lateral stem	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Numbers of seed per pod
رقم (Variety)							
منصور (V1)	1.2a	6.61a	279.08a	30.46a	6.19a	5.76a	0.97a
عادل(V2)	1.16a	6.28b	261.58b	26.38b	5.47b	5.00b	0.86b
محلول‌پاشی(Spraying)							
اسید سالیسیلیک (S1)	1.18bcd	6.84ab	277.67bc	29.00a	5.83ab	5.16a	0.93a
اسید آسکوربیک (S2)	1.06cd	6.15c	237.84d	28.75a	5.16bc	5.33a	0.84bc
کلرید کلسیم (S3)	1.12bcd	6.33bc	264.82c	28.58a	5.83ab	5.66a	0.86bc
اسید سالیسیلیک + اسید آسکوربیک (S4)	1.31ab	7.00a	287.83b	28.45a	6.5a	5.66a	0.96a
اسید سالیسیلیک + کلریدکلسیم (S5)	1.4a	6.86ab	313.52a	28.2a	6.66a	5.16a	1.01a
اسید آسکوربیک+ کلرید کلسیم (S6)	1.2bc	6.34bc	281.22bc	28.15a	6.00ab	5.33a	0.98a
شاهد (محلول‌پاشی با آب) (S7)	0.99d	5.6d	229.42d	27.83a	4.83c	5.33a	0.83c

در هر ستون و به تفکیک هر عامل، میانگین‌های ارائه‌شده با حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار است.

In each column and separately for each factor, means followed by the same letters are not significantly different based on LSD test at 5% probability levels.

Mansor variety (V1), Adel variety (V2), Salicylic acid (S1), Ascorbic acid (S2), Calcium chloride (S3), Salicylic acid + Ascorbic acid (S4), Salicylic acid + Calcium chloride (S5), Ascorbic acid + Calcium chloride (S6), Spraying with water (S7=control).

درصد افزایش تعداد ساقه فرعی برای هر دو رقم بـه طـور میانگین در محلول‌پاشی اسـید سالیسـیلیک + کلریـد کلسـیم، محلول‌پاشـی اسـید سالیسـیلیک + اسیدآسـکوربیک و محلـول پاشی اسید آسکوربیک + کلرید کلسـیم نسـبت بـه شـاهد (آب پاشی) به ترتیب معادل ۳۷، ۳۴ و ۲۴درصد بود. افزایش تعـداد ساقه فرعی با مصرف اسید سالیسیلیک قبلاً گزارش شده اسـت، دلیل این افـزایش را مـی‌تـوان بهبـود تقسـیم سـلولی و بـازده فتوسنتزی در اثر مصرف اسید سالیسیلیک دانسـت (Mex *et al*., 2001). معلوم شده است که کلرید کلسیم سـبب افـزایش تعداد ساقه‌های فرعی نخود شده و درشـرایط تـنش‌خشـکی بـا بهبود نسبی پتانسیل رطـوبتی و افـزایش‌آمـاس سـلولی سـبب گسترش تعداد ساقه ثانویه می‌گردد (Sepehri *et al*., 2018)

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر رشد محصول، حداکثر ماده خشک، ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف

Tabel 4. Mean compared of interaction effects of LAI_{max}, CGR_{max}, TDW_{max}, Plant height, number of sub stem, number of pod per plant, number of grain per pod traits

تیمار Treatment	حداکثر شاخص سطح برگ LAI_{max}	حداکثر رشد محصول (گرم در متر مربع در روز) CGR_{max} ($g\ m^{-2}\ d^{-1}$)	حداکثرماده خشک (گرم در متر مربع) TDW_{max} ($g\ m^{-2}$)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد ساقه فرعی Numbers of lateral stem	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Numbers of seed per pod
منصور (V1)							
(S1) اسید سالیسیلیک	1.2abc	6.93ab	293.66abc	32.06a	5.33bcd	5.33a	0.92bcd
(S2) اسید آسکوربیک	1.08bcd	5.99cd	230.77ef	30.7ab	5.00cd	5.00a	0.89bcd
(S3) کلرید کلسیم	1.18abcd	6.59bc	284.41bc	30.63ab	5.33bcd	5.33a	0.91bcd
(S4) اسید سالیسیلیک + اسید آسکوربیک	1.35ab	7.43a	314.24ab	29.93ab	6.00abc	5.33a	1.02ab
(S5) اسید سالیسیلیک + کلربدکلسیم	1.44a	7.52a	322.29a	30.66ab	6.33ab	4.66a	1.11a
(S6) اسید آسکوربیک+ کلرید کلسیم	1.09bcd	6.24bcd	271.65cd	29.63ab	5.66bcd	4.66a	1.03ab
(S7) شاهد (محلول‌پاشی با آب)	1.03cd	5.56d	236.56ef	29.63ab	4.66d	4.66a	0.91bcd
عادل (V1)							
(S1) اسید سالیسیلیک	1.11bcd	6.76abc	261.68cde	25.93b	6.33ab	5.00a	0.94abc
(S2) اسید آسکوربیک	1.04cd	6.3bcd	244.23def	26.8ab	5.33bcd	5.66a	0.79de
(S3) کلرید کلسیم	1.06cd	6.08bcd	245.23def	26.53ab	6.33ab	6.00a	0.8cde
(S4) اسید سالیسیلیک + اسید آسکوربیک	1.26abc	6.56bc	261.42cde	26.96ab	7.00a	6.00a	0.9bcd
(S5) اسید سالیسیلیک + کلربدکلسیم	1.36ab	6.2bcd	277.74b	25.73b	7.00a	5.66a	0.9bcd
(S6) اسید آسکوربیک+ کلرید کلسیم	1.32a	6.45bcd	272.79bc	26.66ab	6.33ab	6.00a	0.93bcd
(S7) شاهد (محلول‌پاشی با آب)	0.95d	5.63d	222.28f	26.03b	5.00cd	6.00a	0.75e

در هر ستون میانگین‌های ارائه‌شده با حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار است.

In each column means followed by the same letters are not significantly different based on LSD test at 5% probability levels.

Mansor variety (V1), Adel variety (V2), Salicylic acid (S1), Ascorbic acid (S2), Calcium chloride (S3), Salicylic acid + Ascorbic acid (S4), Salicylic acid + Calcium chloride (S5), Ascorbic acid + Calcium chloride (S6), Spraying with water (S7=control)

تعداد غلاف در بوته

تفاوت بین دو رقم مورد آزمایش از لحاظ تعـداد غـلاف در بوته در سطح احتمال یک درصد معنـی‌دار بـود (جـدول۲). در این خصوص تعداد غلاف در بوته در رقم منصور حدود ۱۵درصد بیشتر از رقم عادل بود (جدول ۳). محلول‌پاشـی و اثـر متقابـل رقم در محلول‌پاشی، تأثیر معنی‌داری بر تعـداد غـلاف در بوتـه نداشت. بنـابراین در آزمـایش حاضـر، محلـول‌پاشـی ترکیبـات مختلف مورد آزمایش تأثیری بر تعداد غلاف در بوته نداشت. بـه نظر می‌رسد کمبود آب قابـل‌دسـترس در دوره رشـد زایشـی و محدودیت تولید و انتقال مواد فتوسنتزی سبب شده تـا میـزان گل‌دهی تحت تأثیر واقـع شـود و برخـی از گـل‌هـایی هـم کـه تشکیل شده‌اند، ریزش نموده و تبدیل به غلاف نشده باشند، در نتیجه تعداد غلاف در بوته محدود شده و محلول‌پاشی هم تأثیر چندانی بر تعداد غلاف در بوته نداشته باشد. در ایـن خصـوص می‌توان گفت کمبود آب در انتهـای فصـل رشـد از یـک طـرف باعث تسریع در گل‌دهی و کاهش دورۀ گـل‌دهـی گردیـده و از

طرف دیگر باعث کاهش رشد رویشی و در نتیجه تولید مواد فتوسنتزی کمتر جهت تعداد غلاف مناسب در بوته شده است. تحت این شرایط، گیاه بقای خود را با هزینه کاهش تعداد غلاف در بوته تولیدشده، تضمین می‌نماید، لذا در هر دو رقم مورد بررسی، محلول‌پاشی‌ها اثری بر روی صفت مذکور نداشت. بر خلاف نتایج این پژوهش، در لوبیا و سویا گزارش شده است که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش تعداد غلاف در بوته می‌شود (Sepehri *et al*., 2015).

تعداد دانه در غلاف

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر رقم در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود (جدول۲)، به نحوی که رقم منصور با میانگین تعداد ۰/۹۷ دانه در غلاف نسبت به رقم عادل با میانگین تعداد ۰/۸۶ دانه در غلاف، برتری داشت. اثر محلول‌پاشی نیز در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه در غلاف، معنی‌دار بود. نتایج آزمایش نشان داد، تأثیر مصرف ترکیبی محلول‌ها بر تعداد دانه در غلاف، بیشتر از تأثیر آن‌ها به صورت انفرادی است. بیشترین تأثیر را محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم با شاخص ۱/۰۱ و کمترین تأثیر را، تیمار شاهد (آب پاشی) با شاخص ۰/۸۳ بر تعداد دانه در غلاف داشتند. مقایسه میانگین اثرات ساده و متقابل رقم و محلول‌پاشی بر تعداد دانه در غلاف در جدول های۳ و ۴ آمده است. با توجه به اثر اسیدسالیسیک بر تعداد دانه در غلاف، به نظر می‌رسد محلول‌پاشی اسیدسالیسلیک، تا حدود زیادی در حفظ تعادل‌آب درگیاه مؤثر بوده و شرایط برای تلقیح‌گل‌ها را بیشتر فراهم نموده و در نتیجه تعداد واحدهای زایشی در گیاه از جمله تعداد دانه در غلاف افزایش می‌یابد. پژوهشگران نیز گزارش نموده‌اند که محلول‌پاشی‌گیاه لوبیا با اسید سالیسیلیک اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در غلاف دارد (Sepehri *et al*., 2015). کاربرد برگی اسیدسالیسیلیک روی گیاه لوبیا چشم‌بلبلی نیز سبب افزایش تعداد دانه در غلاف، نسبت به تیمار شاهد گردید (Ezhdarafshari *et al*., 2015). از سوی دیگر نتایج نشان داد که کاربرد کلرید کلسیم اثر مثبتی بر این صفت داشت و به نظر می‌رسد این امر ممکن است با توجه به فراهمی بیشتر رطوبت در مرحله زایشی و افزایش مواد فتوسنتزی برای توسعه و تقسیم سلولی، افزایش ماده خشک بوته و انتقال بیشتر مواد به غلاف شده و در نهایت منجر به افزایش تعداد دانه در غلاف شود. گزارش شده است که کلرید کلسیم با افزایش تعداد گل‌آذین‌ها و تعداد گل‌های بارور موجب افزایش اجزای عملکرد دانه از جمله تعداد دانه در غلاف می گردد (Sepehri *et al*., 2018).

وزن۱۰۰دانه

اثر رقم در سطح احتمال یک درصد بر صفت وزن۱۰۰دانه، معنی‌دار بود (جدول۵). این تأثیر به گونه‌ای بود که وزن۱۰۰دانه رقم منصور ۲۲/۸درصد نسبت به رقم عادل برتری داشت (جدول ۶). اثر محلول‌پاشی نیز در سطح احتمال یک درصد برای صفت وزن۱۰۰دانه معنی‌دار بود، محلول‌پاشی توام اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم، بیشترین تأثیر را با میانگین ۴۰/۶۹ گرم داشته و کمترین تأثیر نیز مربوط به تیمار شاهد (آب‌پاشی) با میانگین ۳۰/۴۶ گرم، بر وزن۱۰۰دانه بود (جدول ۶). همچنین اثر متقابل رقم در محلول‌پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر صفت وزن۱۰۰دانه، معنی‌دار بود. بیشترین میانگین وزن۱۰۰دانه را رقم منصور با محلول اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم با میانگین ۴۱/۴۹ گرم و کمترین تأثیر را رقم عادل با محلول شاهد (آب‌پاشی) با میانگین ۲۸/۵۱گرم داشتند (جدول ۷). درصد افزایش وزن۱۰۰دانه در محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + اسیدآسکوربیک و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک+ کلرید کلسیم نسبت به شاهد (آب‌پاشی) در رقم منصور به ترتیب معادل ۲۵، ۲۳ و ۲۲ درصد و در رقم عادل به ترتیب معادل ۳۶، ۷ و ۵ درصد بود. گزارش شده است که اسید سالیسیلیک از طریق کاهش تعرق، شرایط بهینه را برای انتقال مواد فتوسنتزی در طی دوره پرشدن دانه فراهم نموده، لذا باعث افزایش وزن۱۰۰دانه می‌گردد (Majd *et al*., 2016). از سوی دیگر به نظر می‌رسد کاربرد کلرید کلسیم سبب بهبود انتقال مواد به اندام مخزن می‌گردد. در شبدر مصری کاربرد کلریدکلسیم سبب افزایش وزن و اندازه دانه طی تنش خشکی گردید (Balwinder *et al*., 2013). اسید آسکوربیک نیز ترکیبی است که بر تقسیم میتوز و رشد سلول‌های مخزن تأثیر داشته و از این طریق می تواند باعث افزایش وزن دانه گردد، به طوری که در مراحلی از رشد که گیاه دچار تنش رطوبتی می شود، این ماده با افزایش دوام سطح برگ و بهبود رشد گیاه و افزایش تخصیص مواد پرورده فتوسنتزی به سمت غلاف‌های در حال رشد سبب افزایش وزن دانه می‌شود (Zarghamnejad *et al*., 2014).

عملکرد بیولوژیک

اثر اصلی رقم در سطح یک درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول۵). در بین دو رقم منصور و عادل، رقم منصور با میانگین عملکرد بیولوژیک ۱۹۹/۲۸۰ گرم در مترمربع بر رقم عادل با میانگین عملکرد۱۶۸/۵۳۰ گرم در مترمربع برتری داشت (جدول۶). اثر اصلی محلول‌پاشی در سطح احتمال

یک درصد تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک داشت، بر اساس نتایج حاصل از آزمایش، تأثیر مصرف توام ترکیبات بر عملکرد بیولوژیک، بیش از تأثیر انفرادی محلول‌ها بود. بیشترین تأثیر را بر افزایش میانگین عملکرد بیولوژیک محلول اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم با میانگین ۲۳۱/۱۰ گرم در متر مربع داشت و کمترین تأثیر را تیمار شاهد (آب‌پاشی) با میانگین ۱۴۸/۰۹ گرم در متر مربع داشتند. اثر متقابل رقم در محلول‌پاشی، در سطح پنج درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد بیولوژیک را رقم منصور با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم با ۲۴۸/۵۳ گرم در متر مربع داشت و کمترین عملکرد بیولوژیک را رقم عادل با شاهد (آب پاشی) داشت (جدول۶). مقایسه میانگین اثرات ساده و متقابل رقم و محلول‌پاشی بر عملکرد بیولوژیک در جدول‌های ۶ و ۷ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد درصد افزایش عملکرد بیولوژیک در محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + اسیدآسکوربیک و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک + کلرید کلسیم نسبت به شاهد (آب‌پاشی) در رقم منصور به ترتیب معادل ۴۷، ۳۴ و ۱۷ درصد و در رقم عادل به ترتیب معادل ۳۵، ۱۳ و ۱۶ درصد بود. به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک با رفع آسیب اکسیداتیو ناشی از تنش، قادر است به طور مؤثر از کاهش عملکرد بیولوژیک در گیاه بکاهد (Amiri *et al*., 2015). گزارش شده مصرف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی از کاهش هورمون‌های اکسین و سیتوکینین در گیاهان جلوگیری کرده و تقسیمات سلولی را بهبود می‌بخشد. همچنین با حفظ شاخص‌های فتوسنتزی و کلروفیل رشد گیاه بهتر می‌شود (Sakhabutdinova *et al*., 2003). مصرف کلرید کلسیم در افزایش نسبی عملکرد بیولوژیک گیاه نخود در شرایط دیم مؤثر است (Xu & Zhang, 2013). Sepehri *et al*, (2018) نیز گزارش نمودند کلسیم اثرات نامطلوب تنش خشکی را کاهش داده و موجب ارتقای تولید زیست‌توده و کارآیی مصرف آب می شود. همچنین اسید آسکوربیک تأثیرگسترده‌ای بر فرایندهای فیزیولوژیکی ازجمله بیوسنتز دیواره سلولی، متابولیت‌ها، فیتوهورمون‌ها، تقسیم سلولی و رشد داشته و در رفع تنش‌های اکسیداتیو در غشای کلروپلاست و میتوکندری نقش مهمی دارد که مجموعه این تأثیرات می‌تواند موجب افزایش فعالیت فتوسنتزی و در نتیجه افزایش عملکرد بیولوژیک گردد (Barth, 2006).

عملکرد دانه

اثر رقم در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول۵). بین دو ژنوتیپ کشت‌شده بیشترین میانگین عملکرد دانه مربوط به رقم منصور با عملکرد ۶۱/۸۷گرم در متر مربع بود و رقم عادل با عملکرد ۵۱/۱۶ گرم در متر مربع در رتبه بعدی قرارگرفت (جدول ۶). محلول‌پاشی ترکیبات مورد استفاده نیز در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه تأثیرگذار بود. بر اساس نتایج حاصل از آزمایش، تأثیر مصرف توأم ترکیبات بر عملکرد دانه، بیشتر از تأثیر انفرادی آنها بود.

جدول۵- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم و محلول‌پاشی بر صفات وزن۱۰۰دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد پروتئین دانه، کارآیی مصرف آب

Table 5. Results of analysis of variance (mean of square) of variety and spraying effects on 100- seed weight, biological yield, seed yield, harvest index, seed protein yield, water use efficiency traits

منبع تغییر Source of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of square					
		وزن۱۰۰دانه 100- seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد پروتئین دانه Seed protein yield	کارآیی مصرف آب Water use efficiency
تکرار (R)	2	49.31*	23759.98**	3958.21**	95.86*	390.1**	0.0504**
رقم (V)	1	530.01**	9928.50**	1204.73**	8.13^{ns}	163.92**	0.0153**
محلول‌پاشی(S)	6	60.8**	4327.91**	365.97**	1.77^{ns}	19.64**	0.0046**
رقم * محلول‌پاشی (V*S)	6	15.36*	579.53*	37.89^{ns}	2.2^{ns}	1.77^{ns}	0.0048^{ns}
خطا (e)	26	5.42	224.59	64.71	17.88	4.02	0.008
ضریب تغییرات (CV)	-	6.72	8.14	14.20	13.94	15.88	14.23

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns,* and **: Non significant, significant at 5% and 1% , respectively

R: Repeat; V: Variety; S: Spraying; V*S: Variety* Spraying; e: error; CV: Coefficient of variations

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات ساده صفات وزن۱۰۰دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد پروتئین دانه و کارآیی مصرف آب

Table 6. Mean compared of simple effects of 100- seed weight, biological yield, seed yield, harvest index, seed protein yield, water use efficiency traits

تیمار **Treatment**	وزن۱۰۰دانه (گرم) **100- seed weight (g)**	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع) **Biological yield ($g\ m^{-2}$)**	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) **Seed yield ($g\ m^{-2}$)**	شاخص برداشت (درصد) **Harvest index (%)**	عملکرد پروتئین دانه (گرم در متر مربع) **Seed protein yield ($g\ m^{-2}$)**	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) **Water use efficiency ($Kg\ m^{-3}$)**
رقم (Variety)						
منصور (V1)	38.18a	199.28a	61.87a	30.77a	14.61a	0.22a
عادل(V2)	31.08b	168.53b	51.16b	29.89a	10.66b	0.18b
محلول‌پاشی(Spraying)						
اسید سالیسیلیک (S1)	34.67b	181.66bc	56.62bc	30.21a	12.73abc	0.2bc
اسید آسکوربیک (S2)	32.28bc	160.76de	48.19cd	30.00a	10.42c	0.17cd
کلرید کلسیم (S3)	33.99b	177.47cd	54.67bcd	30.75a	11.97bc	0.19bcd
اسید سالیسیلیک + اسید آسکوربیک (S4)	35.4b	197.86b	62.5ab	31.02a	14.26ab	0.22ab
اسید سالیسیلیک + کلریدکلسیم (S5)	40.69a	231.1a	67.99a	29.65a	15.05a	0.24a
اسید آسکوربیک+ کلرید کلسیم (S6)	34.92b	190.36bc	59.83ab	30.86a	13.06ab	0.21ab
شاهد (محلول‌پاشی با آب) (S7)	30.46c	148.09e	48.8d	29.82a	10.42c	0.16d

در هر ستون و به تفکیک هر عامل، میانگین‌های ارائه‌شده با حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار است.

In each column and separately for each factor, means followed by the same letters are not significantly different based on LSD test at 5% probability levels. Mansor variety (V1), Adel variety (V2), Salicylic acid (S1), Ascorbic acid (S2), Calcium chloride (S3), Salicylic acid + Ascorbic acid (S4), Salicylic acid + Calcium chloride (S5), Ascorbic acid + Calcium chloride (S6), Spraying with water (S7=control)

بیشترین تأثیر بر افزایش عملکرد دانه را محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم با میانگین ۶۷/۹۹ گرم در متر مربع و کمترین تأثیر را بر عملکرد دانه، شاهد (آب‌پاشی) با میانگین ۴۵/۸۰ گرم در متر مربع داشتند (جدول ۶). درصد افزایش عملکرد دانه برای هر دو رقم به طور میانگین در محلول پاشی اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + اسیدآسکوربیک و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک + کلرید کلسیم نسبت به شاهد (آب‌پاشی) به ترتیب معادل ۳۹، ۲۹ و ۲۲ درصد بود.

عمل حفاظتی اسید سالیسیلیک در شرایط کمبود آب با افزایش پاسخ‌های ضداکسیدانتی مانند سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، افزایش پرولین، کربوهیدرات‌های محلول، افزایش فتوسنتز و بهبود انتقال مواد فتوسنتزی و کاهش تعرق، که منجر به افزایش کارایی مصرف آب و عملکرد دانه می‌شود، قبلاً گزارش شده است (Patel *et al*., 2012). از سوی دیگر اسید سالیسیلیک سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های کربنیک‌آنیدراز و نیترات‌ردوکتاز می‌شود. آنزیم کربنیک‌آنیدراز، یکی از مهم‌ترین آنزیم‌هایی است که واکنش تبدیل یون بی‌کربنات به دی اکسیدکربن و آب را کاتالیز می‌کند و مقادیر کافی دی اکسیدکربن را در دسترس روبیسکو قرار می‌دهد که متعاقب آن موجب بهبود فتوسنتز، رشد و عملکرد گیاه می‌شود (Faridaddin *et al*., 2003). یون کلسیم نیز طی مسیر سیمپلاستی با کمک آکواپورین‌ها در سلول‌های مزوفیل برگ در حفظ و ارتقاء تورژسانس سلول‌های برگ نقش ویژه‌ای ایفا می‌کند که سبب افزایش جذب آب توسط ریشه از مسیر آپوپلاستی شده و در نهایت عملکرد گیاه را بهبود می‌بخشد (Gilliham *et al*., 2011). همچنین یون‌کلسیم با افزایش استحکام ساختار دیواره و پایداری غشاءسلولی و از طریق کاهش پراکسیداسیون لیپیدها موثر بوده و با تنظیم انتقال مواد سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانتی و کاهش تنش اکسیداتیو با حذف رادیکال‌های آزاد شده و از این طریق سبب افزایش عملکرد دانه می‌گردد (Gilliham *et al*., 2011). گزارش شده است که استفاده از آبیاری تکمیلی در مراحل گل دهی و غلاف‌دهی و یا حداقل یک‌بار آبیاری در مرحله غلاف-دهی به همراه محلول‌پاشی کلرید کلسیم در افزایش عملکرد نخود مؤثر است (Sepehri *et al*., 2018). همچنین گزارش شده است که کلریدکلسیم سبب افزایش معنی‌دار در تعداد گل‌آذین‌ها و موجب افزایش عملکرد دانه در شبدر مصری شده است (Balwinder *et al*., 2013). همچنین معلوم شده است که اسید آسکوربیک با افزایش تقسیم میتوز و رشد سلول‌ها در

گیاهان، باعث افزایش وزن دانه و عملکرد دانـه مـی‌گـردد، بـه طوری که محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک در گیاه گلرنگ موجـب افزایش عملکـرد دانـه گردیـد (Arab *et al*., 2015). گـزارش شده است که اسید آسکوربیک با افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و حفظ محتوای آب برگ سبب افزایش عملکرد دانـه در نخـود می‌شود (Farjam *et al*., 2016). محلـول‌پاشـی برگـی اسـید آسکوربیک در شرایط کم‌آبی قـادر اسـت بـه طـور معنـی‌داری عملکرد دانه را در نخود افزایش دهد، چون اسید آسکوربیک بـه عنوان یک ماده آنتی‌اکسیدانت می‌تواند گیاه را در برابـر تـنش‌هـای اکسـیداتیو ناشـی از کمبـود آب محافظـت کنـد (Zarghamnejad *et al*., 2014).

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات وزن۱۰۰دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد پروتئین دانه، کارآیی مصرف آب

Tabel 7. Mean compared of interaction effects of 100- seed weight, biological yield, seed yield, harvest index, seed protein yield, water use efficiency traits

تیمار Treatment	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100- seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک(گرم در متر مربع) Biological yield (g m^{-2})	عملکرد دانه(گرم در متر مربع) Seed yield (g m^{-2})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد پروتئین دانه(گرم در متر مربع) Seed protein yield (g m^{-2})	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) Water use efficiency (Kg m^{-3})
منصور (V1)						
اسید سالیسیلیک (S1)	39.24ab	204.21bcd	64.18ab	31.00a	14.74abcd	0.22abc
اسید آسکوربیک (S2)	35.66bc	171.81efg	52.83bcd	30.97a	12.18cdefg	0.18cd
کلرید کلسیم (S3)	38.64ab	197.85cde	62.43abc	31.45a	14.44abcde	0.22abc
اسید سالیسیلیک + اسید آسکوربیک (S4)	40.08ab	226.89ab	70.81a	31.15a	17.09a	0.25ab
اسید سالیسیلیک + کلریدکلسیم (S5)	41.49a	248.53a	71.55a	28.84a	16.81ab	0.26a
اسید آسکوربیک+ کلرید کلسیم (S6)	39.77ab	197.86cde	63.69ab	31.57a	15.46abc	0.22abc
شاهد (محلول‌پاشی با آب) (S7)	32.4cd	168.81g	47.61cd	30.42a	11.57defg	0.17de
عادل (V1)						
اسید سالیسیلیک (S1)	30.11d	159.12fg	49.07bcd	29.43a	10.73efg	0.18cd
اسید آسکوربیک (S2)	28.89d	149.72g	43.55d	29.03a	8.66g	0.15e
کلرید کلسیم (S3)	29.35d	157.1fg	46.91cd	30.06a	9.5gf	0.15e
اسید سالیسیلیک + اسید آسکوربیک (S4)	30.72d	178.84fg	54.19bcd	30.89a	11.42defg	0.19cd
اسید سالیسیلیک + کلریدکلسیم (S5)	38.9ab	213.67bc	64.43ab	30.45a	13.29bcdef	0.23abc
اسید آسکوربیک+ کلرید کلسیم (S6)	30.07d	183.87def	55.97abcd	30.14a	11.74cdefg	0.19cd
شاهد (محلول‌پاشی با آب) (S7)	28.51d	157.39g	43.99d	29.23a	9.28g	0.15e

در هر ستون میانگین‌های ارائه‌شده با حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دارند.

In each column means followed by the same letters are not significantly different based on LSD test at 5% probability levels.
Mansor variety (V1), Adel variety (V2), Salicylic acid (S1), Ascorbic acid (S2), Calcium chloride (S3), Salicylic acid + Ascorbic acid (S4), Salicylic acid + Calcium chloride (S5), Ascorbic acid + Calcium chloride (S6), Spraying with water (S7=control)

شاخص برداشت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد کـه رقـم، اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشت (جـدول۵) و دو رقـم منصور و عادل واکنش تقریباً یکسانی در این خصوص داشـتند، به طوری که با یک اخـتلاف جزئـی شـاخص برداشـت در رقـم منصور ۳۰/۷۷ درصد و شاخص برداشت در رقـم عـادل معـادل ۲۹/۸۹ درصد بود (جدول ۶). محلول‌پاشی هم تأثیر معنی‌داری بر شـاخص برداشـت نداشـت و در مقایسـات میـانگین، تمـامی تیمارها در یک گروه آماری قـرار گرفتنـد. اثـر متقابـل رقـم در محلول‌پاشی نیز تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشـت نداشـت و بر اساس نتایج مقایسه میـانگین، همـه تیمارهـا در یـک گـروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶).

عملکرد پروتئین

اثر رقم در سطح احتمال یک درصد بر عملکـرد پـروتئین معنی‌دار بود (جدول۵)، به نحوی که عملکرد پـروتئین در رقـم منصور با میانگین ۱۴/۶۱ گرم در متر مربع بیشتر از رقم عـادل با میانگین ۱۰/۶۶ گرم در متـر مربـع بـود (جـدول ۶). محلـول پاشی ترکیبات هم در سطح یک درصد بر عملکرد پروتئین اثـر

معنی‌داری داشت. نتایج آزمایش نشان داد تأثیر مصرف توأم ترکیب‌ها بر عملکرد پروتئین بیشتر از اثر کاربرد انفرادی آنها است. بیشترین تأثیر را بر عملکرد پروتئین، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم با میانگین ۱۵/۰۵ گرم در متر مربع و کمترین اثر را تیمار شاهد (آب پاشی) و اسید آسکوربیک با میانگین ۱۰/۴۲ گرم در متر مربع داشتند (جدول ۷). اثر متقابل رقم در محلول‌پاشی بر عملکرد پروتئین معنی‌دار نبود (جدول ۷). به نظر می‌رسد با کاربرد کلرید کلسیم، طی تنش خشکی در زمان پرشدن دانه، انتقال مواد به خصوص نیتروژن که نقش اساسی در تولید و تشکیل پروتئین دانه دارد، زودتر و به مقدار بیشتری انجام شده و انتقال مجدد نیتروژن نیز به سمت مخازن دانه تسریع می‌گردد (Hassan *et al.*, 2011). همچنین اظهار شده است که کاربرد اسیدسالیسیلیک بر عملکرد پروتئین دانه، در گیاه نخود تأثیرگذار است (Rajabi *al.*, 2012). افزایش وزن دانه در نتیجه محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ممکن است به افزایش تولیدات فتوسنتزی نسبت داده شود که باعث تشکیل یک منبع ذخیره‌ای برای مقصد و افزایش گنجایش مخزن شده و منجر به افزایش وزن دانه و افزایش عملکرد دانه و به تبع آن افزایش عملکرد پروتئین دانه می‌شود.

کارآیی مصرف آب

بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر رقم در سطح احتمال یک درصد، بر کارآیی مصرف‌آب معنی‌دار بود (جدول۵)، به نحوی که کارآیی مصرف آب در رقم منصور با میانگین ۰/۲۲ کیلوگرم بر متر مکعب، بیشتر از کارآیی مصرف آب در رقم عادل با میانگین ۰/۱۸ کیلوگرم بر متر مکعب بود (جدول ۶). اثر محلول‌پاشی‌ها نیز در سطح احتمال یک درصد بر کارآیی مصرف‌آب معنی‌دار بود. بیشترین تأثیر را محلول اسید سالیسیلیک + کلرید کلسیم با میانگین ۰/۲۴ کیلوگرم بر متر مکعب و کمترین تأثیر را تیمار شاهد (آب پاشی) با میانگین۰/۱۶ کیلوگرم بر متر مکعب بر کارآیی مصرف آب داشت (جدول ۷). مشخص شده است که اسید سالسیلیک سبب جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده و در نهایت منجر به تولید بیشتر سطح برگ و فتوسنتز و عملکرد بیشتر می‌گردد و از این طریق باعث افزایش کارآیی مصرف آب در گیاه می‌شود (Shakirova *et al.*, 2013). یون کلسیم نیز با مکانیزم‌های تنظیمی، از طریق بستن نسبی روزنه‌ها و حفظ پتانسیل آب گیاه، شرایط مناسبی را برای مقابله با تنش خشکی مهیا کرده و در نهایت سبب افزایش کارآیی مصرف آب می‌گردد، به طوری که با افزایش جذب آب توسط ریشه و از طریق مسیر آپوپلاستی، عملکرد طبیعی گیاه بهبود می‌یابد (Gilliham *et al.*, 2011; Rab & Haq, 2012)، اسید آسکوربیک نیز از طریق افزایش جذب آب، عناصر غذایی و افزایش تقسیم سلولی، موجب تحریک رشد و افزایش عملکرد گیاهان تیمار شده می شود (Hamama & Murniati,2010). گزارش شده است که اسید آسکوربیک با حفظ محتوای آب برگ سبب افزایش عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب در نخود می‌گردد (Farjam *et al.*, 2016). محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در لوبیا چشم بلبلی، نیز از طریق کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی و کاهش اثرات مضر اکسیداتیو سبب فراهم‌شدن بهتر آب در گیاه شده و با بهبود صفات رویشی و زایشی عملکرد دانه را افزایش می‌دهد و از این طریق بر کارآیی مصرف آب مؤثر است (Akbari & Maleki, 2017).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از آزمایش، به طور کلی محلول پاشی انفرادی با اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک و یا کلرید کلسیم نسبت به شاهد (محلول‌پاشی با آب) در افزایش عملکرد ارقام مورد بررسی موثرتر بود. در رقم منصور کاربرد اسید سالیسیلیک به همراه کلرید کلسیم و یا اسیدآسکوربیک و در رقم عادل کاربرد اسیدسالیسیلیک به همراه کلرید کلسیم بیشترین تأثیر را در مقادیر به‌کاررفته جهت کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی انتهای فصل رشد ارقام مورد بررسی داشتند. لذا چنین استنباط می‌شود که در کشت دیم نخود در منطقه کرمانشاه و مناطق مشابه که کمبود بارندگی عمدتاً در اواخر دوره رشد رخ می‌دهد، می‌توان با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در غلظت ۱/۵ مولار توأم با محلول‌پاشی کلرید کلسیم در غلظت ۵ میلی‌مولار در مراحل آغاز گل‌دهی و غلاف دهی از کاهش شدید عملکرد ارقام مورد نظر جلوگیری نمود. گرچه در این راستا پیشنهاد می شود مطالعات تکمیلی نیز انجام شود.

منابع

1. Abdul Qados, A.M.S. 2014. Effect of ascorbic acid antioxidant on soybean (*Glycine max* L.) plants grown under water stress conditions. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences 1(6): 189-205.

2. Akbari, J., and Maleki, A. 2017. The effect of ascorbic acid and salicylic acid foliar application on vegetative characteristics, yield and yield components of cowpea under drought stress. Applied Research in Plant Ecophysiology 4(2): 180-159. (in Persian with English abstract).
3. Allen, R.D., 1995. Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. Plant Physiology 107: 1049-1054.
4. Amiri, A., Parsa, S.R., Nezami, M., and Ganjeali, A. 2011. The effects of drought stress at different phonological stages on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse condition. Iranian Journal of Pulses Research 1: 69-84. (in Persian with English abstract).
5. Amiri, A., Sirus Mehr, A.R., and Ismailzadeh Bahabadi, S. 2015. Effect of foliar application of salicylic acid and chitosan on safflower yield under drought stress conditions. Plant Researches 28 (4): 725-712. (in Persian with English abstract).
6. Arab, S., Firoozabadi Brothers, M., and Asghari, H.R. 2015. Effect of foliar application of ascorbic acid and sodium nitroprusside on photosynthetic pigments and some traits of spring safflower under low irrigation stress. Journal of Plant Production 38(4): 104-93. (in Persian with English abstract).
7. Balwinder, K., Yadvinder, S., Ram, H., and Sarlach, R.S. 2013. Enhancing seed yield and quality of Egyption clover (*Trifolium alexandrinum* L.) with foliar application of bio-regulators. Field Crops Research 146: 25-30.
8. Barth, C., Tuillo, M.D., and Conklin, P.L. 2006. The role of ascorbic acid in the control of flowering time and the onset of senescence. Journal of Experimental Botany 57(8): 1657-1665.
9. Chengbin, Xu, Xuemei. Li., and Lihong, Zh. 2013. The effect of calcium chloride on growth, photosynthesis, and antioxidant responses of *Zojsia japonica* L. under drought conditions. Plos One 8(7): 1- 10.
10. Driss, H., and Marashi, S.K. 2018. Effect of different methods of application of salicylic acid on reducing the effects of salinity stress on wheat lands without drainage system. Journal of Crop Physiology 10(39): 145-31.
11. Ezhdarafshari, M, Shekari, F, Afsahi, K., and Azim Khani, R. 2015. Effect of foliar application of salicylic acid on dry weight, harvest index, yield and yield components of *Vigna unguiculata* L. under water stress. Environmental Stresses in Crop Sciences 9(1): 51-58. (in Persian with English abstract).
12. Faridaddin, D., Hayat, S., and Ahmad, A. 2003. Salicylic acid influence on net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reeducatas activity and seed yield in *Brassica juncea*. Photosyntthetica 41(2): 281-284.
13. Farjam, S., Siosemardeh, A., Kazemi Arbat, H., Yarnia, M., and Rokhzadi, A. 2016. Effect of ascorbic acid and salicylic acid foliar application on physiological characteristics of two cultivars of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Cereals Research 9(1): 117-99. (in Persian with English abstract).
14. Gilliham, M., Dayod, M., Hocking, B.J., Xu, B., and Conn, S.J. 2011. Calcium delivery and storage in plant leaves: exploring the link with water flow. Journal of Experimental Botany 62 (7): 2233- 2250.
15. Hamama, H., and Murniati, E. 2010. The effect of ascorbic acid treatment on viability and vigor maize (*Zea mays* L.) seedling under drought stress. Hayati Journal of Biosciences 17(3): 105-109.
16. Hassan, N.M., El- Sayed, A.K.A., Ebeid, H.T., and. Alla, M.M.N. 2011. Molecular aspects in elevation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) tolerance to drought by boron and calcium foliar sprays. Acta Physiologia Plantarum 33: 593-600.
17. Hayat, Q., Hayat, S., Alyemeni, M.N., and Ahmad, A. 2012. Salicylic acid mediated changes in growth, photosynthesis, nitrogen metabolism and antioxidant defense system in *Cicer arietinum* L. Plant, Soil and Environment 58(9): 417-423.
18. Jaleel, C.A., Manivannan, P. Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology 11(1): 100-105.
19. Ma, R., Zhang, M., Li, B., Du, G., Wang, J., and Chan, J. 2005. The effects of exogenous Ca^{2+} on endogenous polyamine levels and drought resistant traits of spring wheat grown under arid conditions. Journal of Arid Environments 63(1): 177-190.
20. Majd, A., Madah, S.M., Fallahian, F., Sabbaghpour, S.H., and Chalebian, F. 2016. Comparative study of the effect of salicylic acid on yield, yield components and resistance of two cultivars sensitive and resistant to fungus *Ascochyta rabiei*. Journal of Iranain Biology 19(3). (in Persian with English abstract).
21. Mex, R.M., Couch, E.V., Campos, T.H., and Saavedra, A.L. 2001. Positive effect of salicylic acid on the flowering of *African violet*. Scientia Horticulturae 103: 499-502.

22. Mohtashami, F., and Tadayon, M.R. 2020. Evaluation of the effect of ascorbic acid and jasmonic acid on some morphophysiological traits of safflower genotypes under low irrigation treatments. Journal of Plant Process and Functionality 9(35): 55-39. (in Persian with English abstract).
23. Patel, P.K., and Hemantaranjan, A. 2012. Salicylic acid induced alteration in dry matter partitioning, antioxidant defence system and yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Asian Journal of Crop Science 4(3): 86-102.
24. Rab, A., and Haq, I-U. L. 2012. Foliar application of calcium chloride and borax influences plant growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 36(6): 695-701.
25. Rajabi, L., Sajedi, N.A., and Roshandel, M. 2012. Yield reaction and yield components of dryland chickpeas to salicylic acid and super absorbent polymer. Journal of Agricultural Research 4(4): 353-343. (in Persian with English abstract).
26. Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annual Review of Plant Biology 43(1): 439-463.
27. Rokhzadi, A. 2014. Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to exogenous salicylic acid and ascorbic acid under vegetative and reproductive drought stress conditions. Journal of Applied Botany and Food Quality 87: 80-86.
28. Sabaghpour, S.H., Mahmodi1, A.A., Saeed, A., Kamel, M., and Malhotra, R.S. 2006. Study on chickpea drought tolerance lines under dryland condition of Iran. Indian Journal of Crop Science 1(1-2): 70-73.
29. Sakhabutdinova, A.R., Fatkhutdinova, D.R., Bezrukova M.V., and Shakirova, F.M. 2003. Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. Bulgarian Journal of Plant Physiology (Special Issue) 21: 314-319.
30. Sartip, S., and Sirousmehr, A.R. 2017. Evaluation of salicylic acid effects on growth, yield and some biochemical characteristics of cumin (*Cuminum cyminum* L.) under three irrigation regimes. Environmental Stresses in Crop Sciences 10: 548-558. (in Persian with English abstract).
31. Sepehri, A., Abbasi, R., and Karami, A. 2015. Effect of drought stress and salicylic acid on yield and yield components of red bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Crop Improvement 17(2): 516-503. (in Persian with English abstract).
32. Sepehri, A., Mohammadi, H., and Sabbaghpour, S.H. 2018. Effect of antitranspirants substances and drought stress ameliorator on leaf area duration, water use efficiency and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under different irrigation regimes. Applied Field Crops Research 31(2): 118-97. (in Persian with English abstract).
33. Shakirova, F.M., Sakhabutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A., and Fatkhutdinova, D.R. 2013. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science 164(3): 317-322.
34. Shao, H.B., Chu, L.Y., Zhao, H.L., and Kang, C. 2008. Primary antioxidant free radical scavenging and redox signaling pathways in higher plant cells. International Journal of Biological Sciences 4(1): 8-14.
35. Smirnoff, N. 2011. Vitamin C: the metabolism and functions of ascorbic acid in plants. Advances in Botanical Research 59: 107-177.
36. Xu, C., Li, X., and Zhang, L. 2013. The effect of calcium chloride on growth, potosynthesis, and antioxidant responses of Zoysia japonica under drought conditions Plos One 8(7). e68214.
37. Zarghamnejad, S., Rokhzadi, A., and Mohammadi, K. 2014. Chickpea response to ascorbic acid foliar application at vegetative and reproductive stages. International. Journal of Biosciense 5(7): 166-170.

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: **https://ijpr.um.ac.ir**
Vol. 13, No. 2, December 2022, p. 191-206 (Original Research Article)

Effect of pseudo-hormones growth regulators on growth and yield of two new Kabuli cultivars of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in rainfed conditions

Sahraei[1], Sohrab; and Sepehri[2*], Ali

1. MSc. Graduated, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan; sohrabsahraei645@gmail.com
2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan; sepehri2748@gmail.com; a_sepehri@basu.ac.ir

The Dates:
Received: 24 June 2022; **Revised:** 9 October 2022
Accepted: 13 November 2022; **Available Online:** 22 December 2022

How to cite this article:
Sahraei, S., and Sepehri, A. 2022. Effect of like hormones growth regulators on growth and yield of two new Kabuli cultivars of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in rainfed conditions. Iranian Journal of Pulses Research 13(2): 191-206. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v13i2.2205-1034

Introduction

Terminal drought stress is one of the important factors reducing the yield of chickpea in rainfed crops in cold and temperate regions. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) as an important grain legumes due to its special properties such as nitrogen fixation ability, deep rooting and effective use of rainfall, play an important role in the stability of crop production in sustainable agriculture (Amiri *et al*., 2011). In Iran, chickpea cultivation under cold regions is mainly in spring using stored moisture in the soil and spring rainfall. One of the factors affecting the yield of dryland chickpeas is water deficiency or teminal drought stress at the end of the season, which severely reduces the growth and grain yield. The possibility of using some biochemical compounds such as salicylic acid, calcium chloride and ascorbic acid increases the tolerance of drought stress at the end of the growth season and reduces the amount of damage and increases grain yield in such conditions. It has been previously reported that salicylic acid plays an important protective role in the development of tolerance to environmental stresses (Raskin, 1992). Under drought stress conditions, salicylic acid prevents the reduction of auxin and cytokinin hormones, increases cell division and improves plant growth by regulating photosynthetic and chlorophyll processes (Sakhabutdinova *et al*., 2003: Patel *et al*., 2012). Also, ascorbic acid protects and integrates chloroplast membranes, accumulates soluble carbohydrates, and enhances the normal function of the photosynthetic apparatus by neutralizing superoxide and oxygen free radicals from stresses. (Shao *et al*., 2008). It has been reported that the use of ascorbic acid improves morphological and physiological parameters and increases plant resistance to stress, and by increasing plant antioxidant capacity, increases photosynthesis and plant growth (Smirnoff, 2011). On the other hand it has been reported that calcium chloride plays an important role in cell adaptation to abiotic stresses and increases its antioxidant activity and photosynthesis through its effect on water uptake, root growth and maintenance of turgor pressure in plant cells (Rab & Haq, 2012).

Materials and Methods

The experiment was carried out in Sararod rainfed agricultural research station, located in the east of Kermanshah city, at an altitude of 1351 meters above sea level, with a mild cold climate and an average annual rainfall of 454 mm in 2018-19 growing season. The experimental cultivars were new and improved cultivars of Kabuli chickpea, named Mansour (V1) and Adel (V2). The experiment was performed as a factorial experiment in a randomized complete block design with three replications. Foliar application included salicylic acid (S1), ascorbic acid (S2), calcium chloride (S3), salicylic acid + ascorbic acid (S4), salicylic acid + calcium chloride (S5), ascorbic acid + calcium chloride (S6) and spraying with water (S7=control). Foliar application of salicylic acid at a concentration of 1.5 mM, ascorbic acid at a

[*] **Corresponding Author:** a_sepehri@basu.ac.ir; sepehri2748@gmail.com

concentration of 10 mM and calcium chloride at a concentration of 5 mM. Triton X-100 non-ionic surfactant with a concentration of 0.01% was used to reduce surface tension. Foliar application was done in two stages: 50% flowering and 50% podding of plants.

Results and Discussion

Results showed that the effect of foliar application on the number of sub-stems, number of seeds per pod, 100-seed weight, biological yield, grain yield and grain protein yield was significant. The effect of the compounds used individually was less than their combined use. Grain yield in Mansour cultivar with an average of 61.87 $g.m^{-2}$ was better than Adel cultivar with an average of 51.16 $g.m^{-2}$. Among foliar treatments, the most effect on grain yield belonged to salicylic acid + calcium chloride solution with an average of 67.99 and the least effect was the control treatment with an average of 45.80 $g\ m^{-2}$. In general, the highest grain yield was obtained for Mansour cultivar with salicylic acid + calcium chloride solution equal to 71.55 $g.m^{-2}$. The highest percentage of grain protein was also observed in Mansour cultivar with 23.12% and the lowest percentage of grain protein was observed in Adel cultivar with 20.05%.

Conclusion

According to the results of this experiment, although individual foliar application of salicylic acid, ascorbic acid or calcium chloride compared to the control (foliar application with water) was effective in increasing the yield of cultivars, but in Mansour cultivar application of salicylic acid with calcium chloride or ascorbic acid and in Adel cultivar application of salicylic acid with calcium chloride had the greatest effect on reducing the adverse effects of drought stress at the end of the growing season, and preventing reduced yield and economic losses of cultivars.

Keywords: Ascorbic acid، Calcium chloride، Foliar application، Salicylic acid، Terminal drought